

RAPPORT

Temperaturflöden i järnvägstunnlar - Glödsbergstunneln

Statusrapport 2016



Trafikverket

Postadress: Trafikverket, 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Temperaturflöden i järnvägstunnlar - Glödsbergstunneln. Statusrapport 2016

Författare: Anna Andrén

Dokumentdatum: 2017-02-14

Ärendenummer: TRV 2016/17654

Version: 0.1

Kontaktperson: Anna Andrén

Publikationsnummer: 2017:065

ISBN: 978-91-7725-060-9

Innehåll

SAMMANFATTNING	4
1. INLEDNING	5
2. TUNNELOBJEKT	5
3. MÄTUTRUSTNING	5
4. RESULTAT	6
4.1. Temperaturmätningar längs tunneln.....	6
4.1.1. Temperaturmätningar sedan start.....	6
4.1.2. Temperaturmätningar längs tunneln 2014-2016.....	7
4.2. Bergtemperaturer	7
4.3. Temperaturer bakom drän	12
4.4. Temperaturer i servicetunneln	13
4.5. Temperaturer i ballast.....	14
4.6. Vindhastighet i och utanför tunneln.....	17
5. ANALYS OCH DISKUSSION	18
5.1. Köldinträngning.....	18
5.2. Köldinträngning bakom frostisolerad drän	18
5.3. Temperatur i servicetunneln	18
5.4. Köldnedträngning i ballast	19
5.5. Vindhastighet i spårtunnel	20
REFERENSLISTA.....	21
BILAGA 1 ÅRSMEDELTEMPERATUR.....	22

Sammanfattning

Under vinterhalvåret orsakar is stora problem i flera av Trafikverkets järnvägstunnlar. Vatten som fryser bildar istappar och ispelare som kan falla ned i spår samt växa till sådan storlek att de inkräktar på det ”fria rummet” som tågen kräver för att passera genom tunneln. Belysningsarmaturer och kablar bryts sönder på grund av islast och spåren blir isbelagda på grund av takdropp och svallisbildning. Återkommande frysperioder kan medföra frostsprängning av berg och sprutbetong i tak och väggar som kan lossna och falla ner. För att upprätthålla säkerheten och förhindra trafikstörningar kräver många tunnlar omfattande underhållsinsatser. För att kunna reducera underhållet i tunnlar, krävs förbättrad kunskap kring köldinträngning och effekterna av istryck på det bärande huvudsystemet.

2002 utförde Högskolan i Gävle och KTH en modellstudie för att bestämma temperaturförhållanden i tunnlar. För att verifiera modellstudien genomförs sedan 2006 mätningar i fält. Denna statusrapport redovisar mätningar som utförts 2014-2016 i Glödbergstunneln vid Nyåker som ligger 8 mil sydväst om Umeå. Mätningarna visar att framtagna modeller underskattar köldinträngningen. Trots att tunneln är 1680 m lång, sker köldinträngning i hela tunnelns längd även vid några få minusgrader utanför tunneln.

En bidragande orsak till att fältmätningarna och modellen inte överensstämmer är att modellstudien bygger på en helt oisolerad tunnel. I Glödbergstunneln finns en stor del frostisolerande dräner uppsatta. Deras funktion är att förhindra att inläckande vatten fryser till is, men isoleringen förhindrar inte bara kylan att tränga in till läckaget, den hindrar även bergvärmen från att komma ut i tunneln och värma upp den kalla uteluften. Isoleringen möjliggör för kylan att tränga längre in i tunneln. Mängden frostisolerande dräner och hur stor del av tunnels vägg- och takyta som är inklädd, täckningsgraden, påverkar därmed köldinträngningens längd. Mer angående jämförelse mellan modell och verklighet finns att läsa i Andrén, 2008a och Andrén, 2012a.

Mätningar av temperaturer har utförts ned i ballasten. Glödbergstunneln har en undersprängning på 2 m under RUK, med motiveringen att ledningar för exempelvis dräneringsvatten ska vara förlagda på frostfritt djup. Mätningarna visar att temperaturen inte tränger så långt ned som man tidigare befarat och undersprängning i de mittersta delarna av tunneln hade kunnat göras mindre, med avseende på frostrisken.

Temperaturmätningarna bakom en frostisolerad drän, har visat att dränen klarar av att jämna ut de temperaturväxlingar som sker i tunnelluften utanför dränen. Men då temperaturen är negativ under en längre period kryper även temperaturen bakom dränen under 0 °C och då förhindras dräneringsmöjligheten på grund av isbildning och det kan orsaka frostsprängning av dränen.

Mätningar av lufttemperatur i den intilliggande servicetunneln visar tydligt hur köldinträngningen påverkas av luftrörelser. Servicetunneln är stängd med portar mot både ute- och tunnelluft. När luften i en tunnel inte utsätts för rörelse, värms den upp av bergvärmen och antar samma temperatur som berget har, vilket oftast brukar sammanfalla men den årsmedeltemperatur som gäller för den plats där tunneln är belägen.

1. Inledning

Denna statusrapport är en uppföljning av rapporten ”Temperaturflöden i järnvägstunnelar – Glödbergstunneln. Statusrapport 2014” (Andrén, 2016c) och redovisar resultaten av mätningarna utförda från hösten 2014 till våren 2016. För bakgrund, information om modellstudie och installation av mätutrustning hänvisas till rapporten ”Temperaturflöden i järnvägstunnelar – Glödbergstunneln. Statusrapport 2008” (Andrén, 2008a).

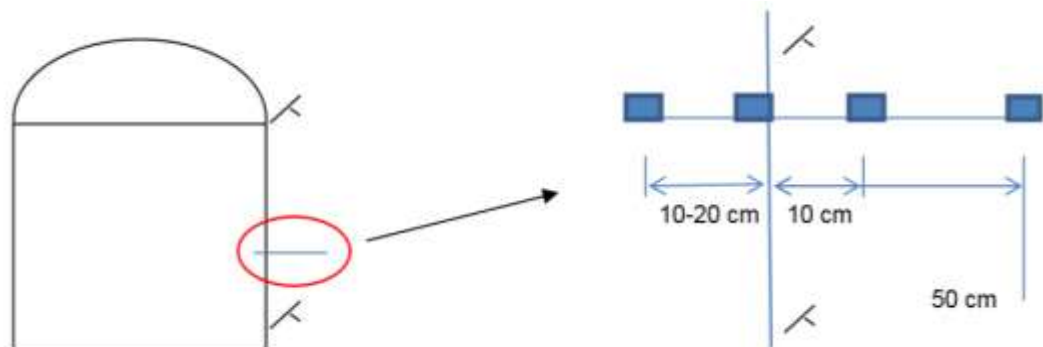
2. Tunnelobjekt

För att öka förståelsen och för att validera den modellstudie som utfördes av Högskolan i Gävle samt KTH under 2002 (Sandberg, m.fl., 2002), utförs nu fullskaleförsök genom fältmätningar i några befintliga järnvägstunnelar. På våren 2006 installerades det första mätsystemet i Åsatunneln, 5 mil söder om Göteborg, och under slutet av år 2006 installerades det andra mätsystemet i Glödbergstunneln vid Nyåker, 8 mil sydväst om Umeå. Mätningarna i Glödbergstunneln inleddes 2007-02-24 och denna rapport behandlar främst mätningar i Glödbergstunneln under vintersäsongerna 2014/2015 och 2015/2016, för att framförallt analysera och redovisa hela vinterperioder. Resultaten från tidigare mätningar och mätningarna i Åsatunneln redovisas i en separata statusrapporter (se Referenslista).

Glödbergstunneln är en enkelspårstunnel med längden 1680 m som ligger nära Nyåker, 8 mil sydväst om Umeå på bandel 129. Södra mynningen ligger på sektion km 816+160 och norra mynningen ligger på km 817+840. Tunneln lutar från den södra mynningen ned mot den norra mynningen och höjdskillnaden är 21 m, vilket ger en lutning på 12,5 %. Tunneln består av betongtunnel mellan km 816+160 till km 816+220. Därefter är det bergtunnel fram till km 817+570 och tunneln avslutas med betongtunnel mellan km 817+570 till km 817+840. Tunnelns höjd är 7,2 m ovan RUK och bredden är 8 m.

3. Mätutrustning

Den mätutrustning som finns installerad i Glödbergstunneln mäter luft-, yt- och bergtemperaturer, vindhastigheter samt lufttryck. Lufttemperatur mäts ca 10-20 cm från tunnelväggen, yttemperatur sitter installerad på tunnelväggen och bergtemperatur sitter installerad i borrhål som i Glödbergstunneln finns på två djup, 10 respektive 50 cm (Figur 1).



Figur 1 Placering av temperaturgivare på och i tunnelvägg

I spårtunneln sitter luft- och yttemperaturgivare installerade i nio sektioner längs tunnelsträckningen. Bergtemperatur mäts i fyra sektioner, vindhastighet mäts i tre sektioner och lufttryck mäts i två sektioner. I Glödborget görs även temperaturmätning ned i ballasten på 0,5 m, 1 m och 2 m djup i två sektioner, temperaturmätning bakom en frostisolerad dränmatta samt mätning av luft- och yttemperatur i den intilliggande servicetunneln. En klimatstation finns uppsatt strax utanför tunnelns södra mynning. Där mäts lufttemperatur, vindhastighet, vindriktning och luftfuktighet. Information om mätutrustningen och fotografier från installationen finns i rapporten ”Temperaturflöden i järnvägstunnlar – Glödborgstunneln. Statusrapport 2008” (Andrén, 2008a).

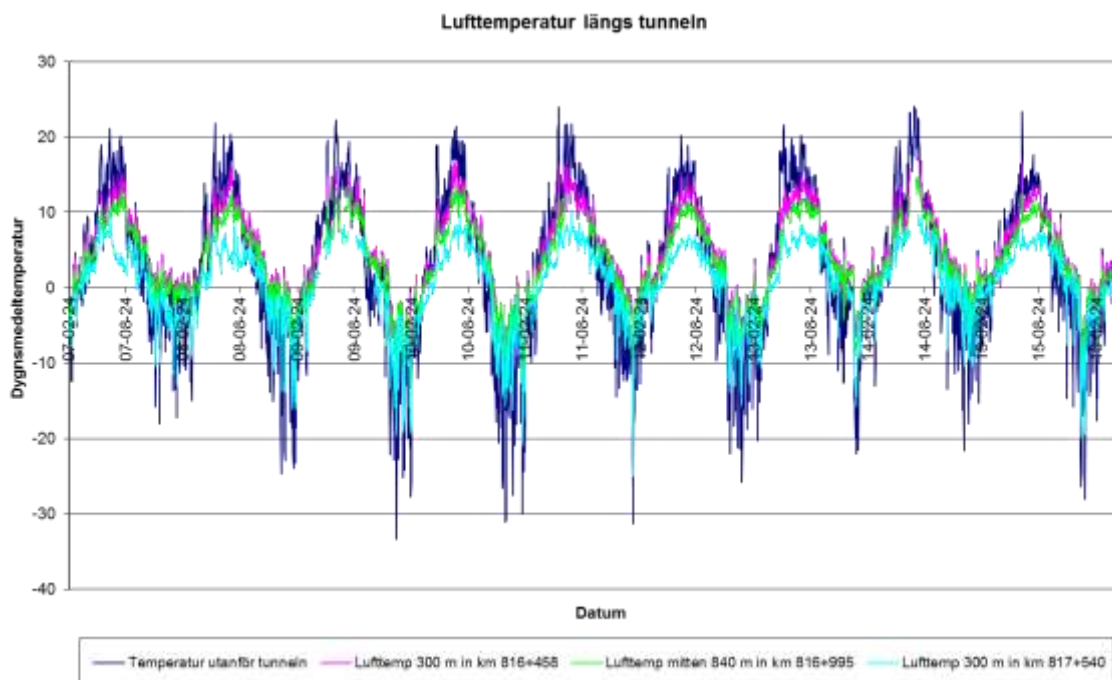
4. Resultat

I vissa figurer framöver visar mätningarna avbrott i mätserierna och orsaken är oftast problem i loggern och kommunikationen med Trafikverket.

4.1. Temperaturmätningar längs tunneln

4.1.1. Temperaturmätningar sedan start

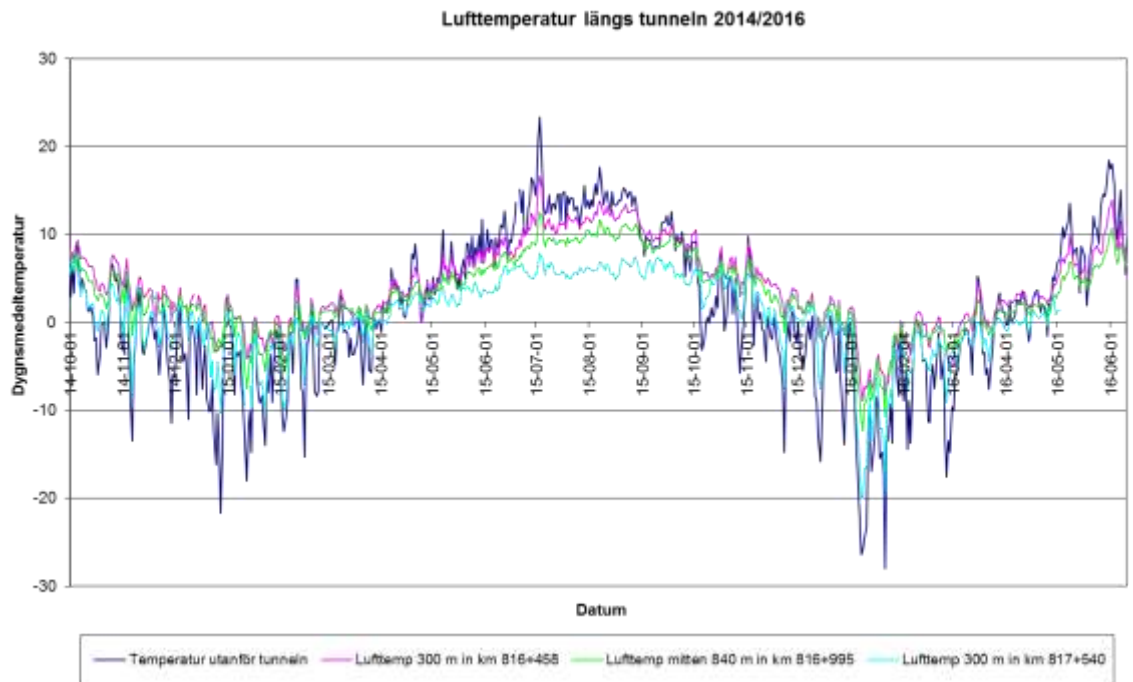
Temperaturer har mätts i nio sektioner in längs tunneln och i Figur 2 redovisas utvalda mätserier från mätdatabasen under perioden 2007-02-24 till 2016-06-01. De enskilda mätserierna är svåra att urskilja i diagrammet, men det ger en bild av hur temperaturen varierat över åren.



Figur 2 Lufttemperaturer i och utanför Glödborgstunneln från 2007-02-24 till 2016-06-01

4.1.2. Temperaturmätningar längs tunneln 2014-2016

I Figur 3 visas temperaturmätningarna i och utanför Glödbergstunnel för denna rapportens tidsperiod, 2014-10-01 till 2016-06-01. Temperaturen är oftast högst vid den södra mynningen (rosa linje) och lägst i den norra mynningen (ljusblå linje), vare sig det är sommar- eller vinterperiod. Det beror på att den södra mynningen är högre belägen än den norra (21 m höjdskillnad). Den av bergmassan uppvärmda tunnelluften stiger uppåt enligt ”skorstenseffekten” och kylan ”rinner” ned mot den lägre belägna mynningen.



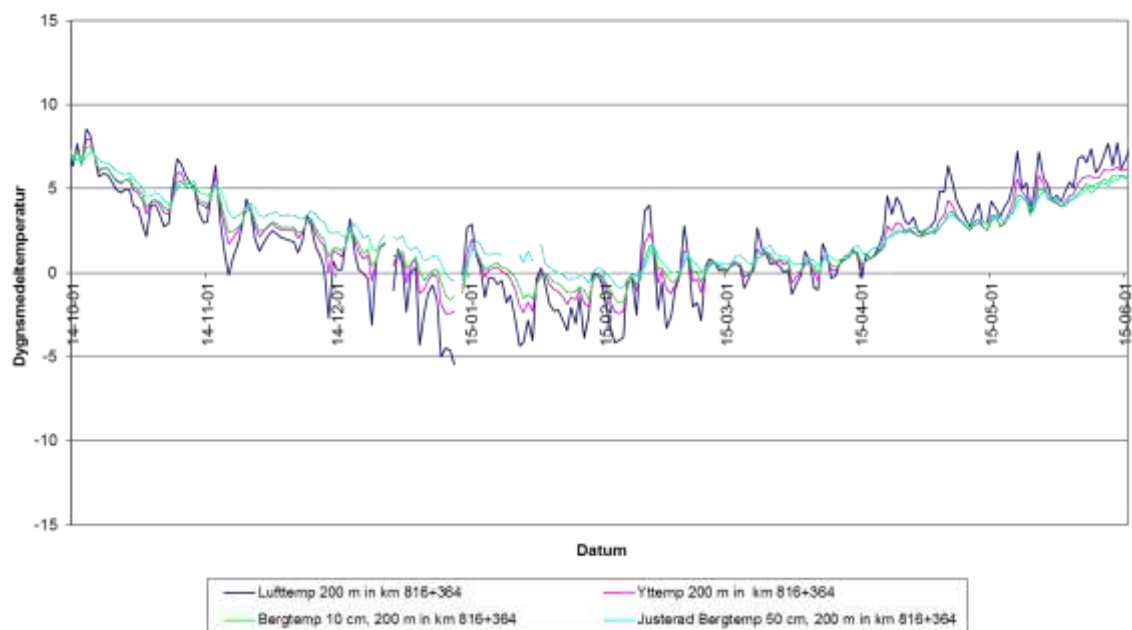
Figur 3 Lufttemperaturer i och utanför Glödbergstunneln från 2014-10-01 till 2016-06-01

4.2. Bergtemperaturer

Bergtemperatur har mätts i fyra sektioner längs tunneln. I efterföljande diagram visas luft-, yt- och bergtemperaturer (10 cm respektive 50 cm in i berget) för de fyra sektionerna vid de två vinterperioderna 2014/2015 och 2015/2016.

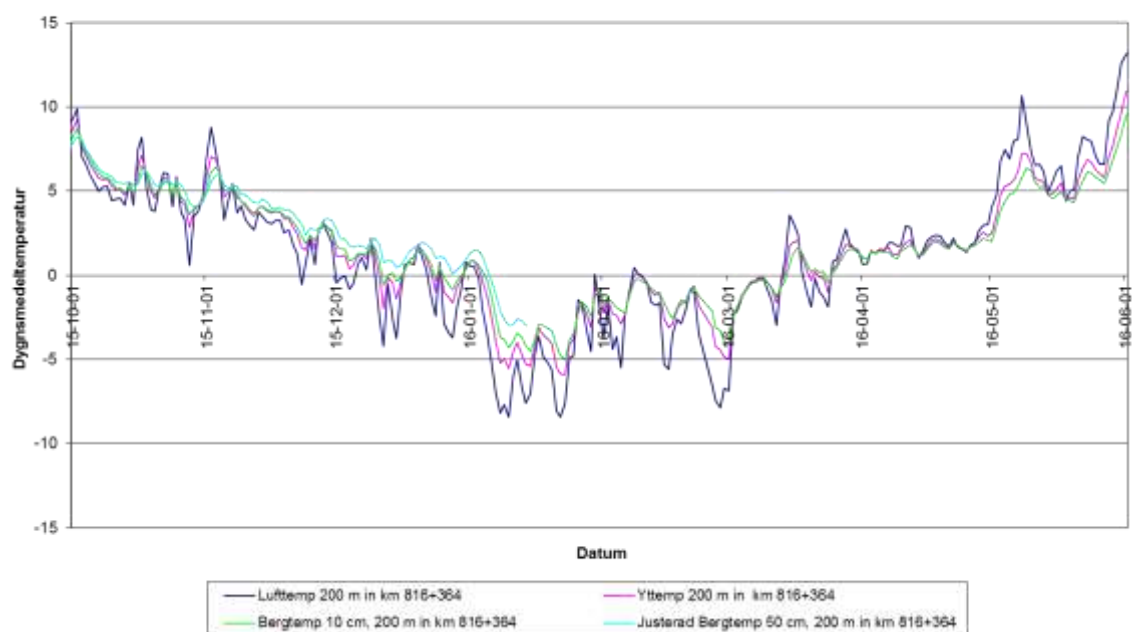
Vid sektion 200 m in från södra mynningen visar troligtvis temperaturgivaren vid 50 cm in i berget ca 5 °C fel (antaget efter analys av 50 cm bergtemperaturer vid övriga sektioner), men då givaren är ingjuten kan inte kalibrering ske i efterhand. En manuell justering har gjorts genom att addera 5 °C till samtliga mätvärden för den aktuella temperaturgivaren. I Figur 4 och Figur 5 visas de justerade mätvärdena för denna givare.

Temperaturer in i berg vid 200 m in från södra mynningen 2014/2015



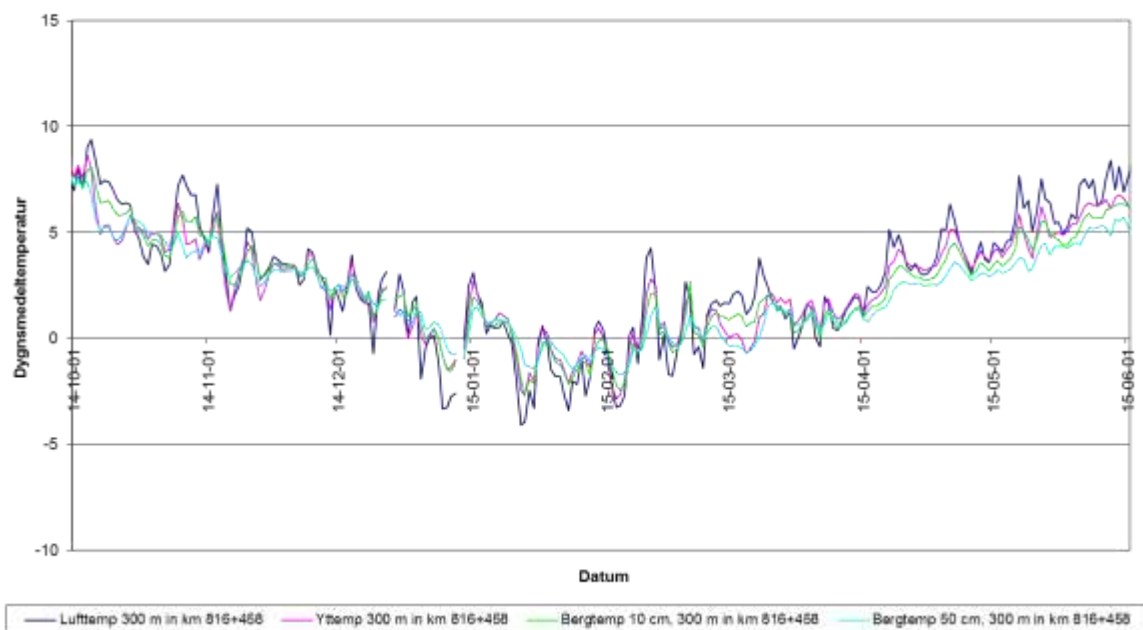
Figur 4 Luft-, yt- och bergtemperaturer vid 200 m in från södra mynningen under perioden 2014-10-01 till 2015-06-01 – OBS justerad bergtemperatur vid 50 cm

Temperaturer in i berg vid 200 m in från södra mynningen 2015/2016



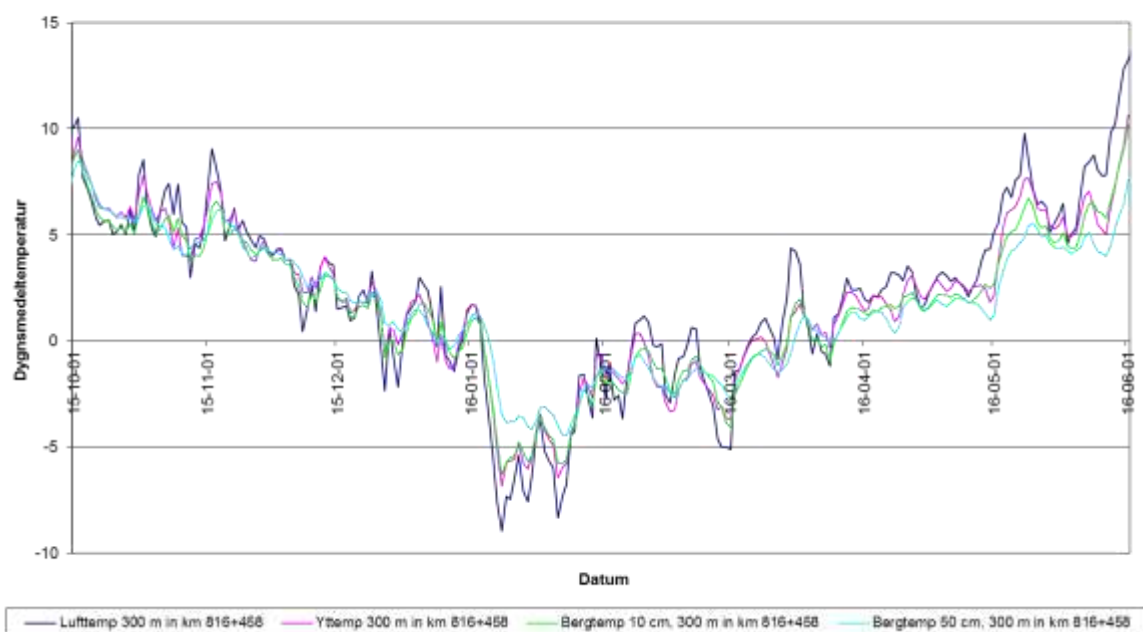
Figur 5 Luft-, yt- och bergtemperaturer vid 200 m in från södra mynningen under perioden 2015-10-01 till 2016-06-01 – OBS justerad bergtemperatur vid 50 cm

Temperaturer in i berg vid 300 m in från södra mynningen 2014/2015



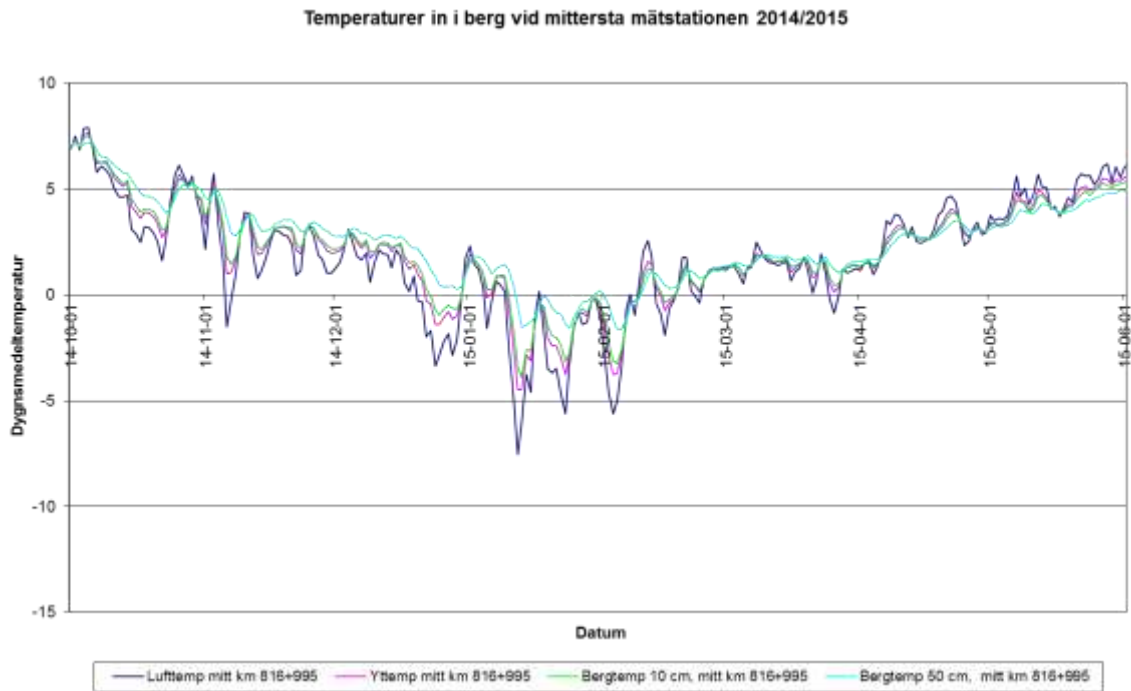
Figur 6 Luft-, yt- och bergtemperaturer vid 300 m in från södra mynningen under perioden 2014-10-01 till 2015-06-01

Temperaturer in i berg vid 300 m in från södra mynningen 2015/2016

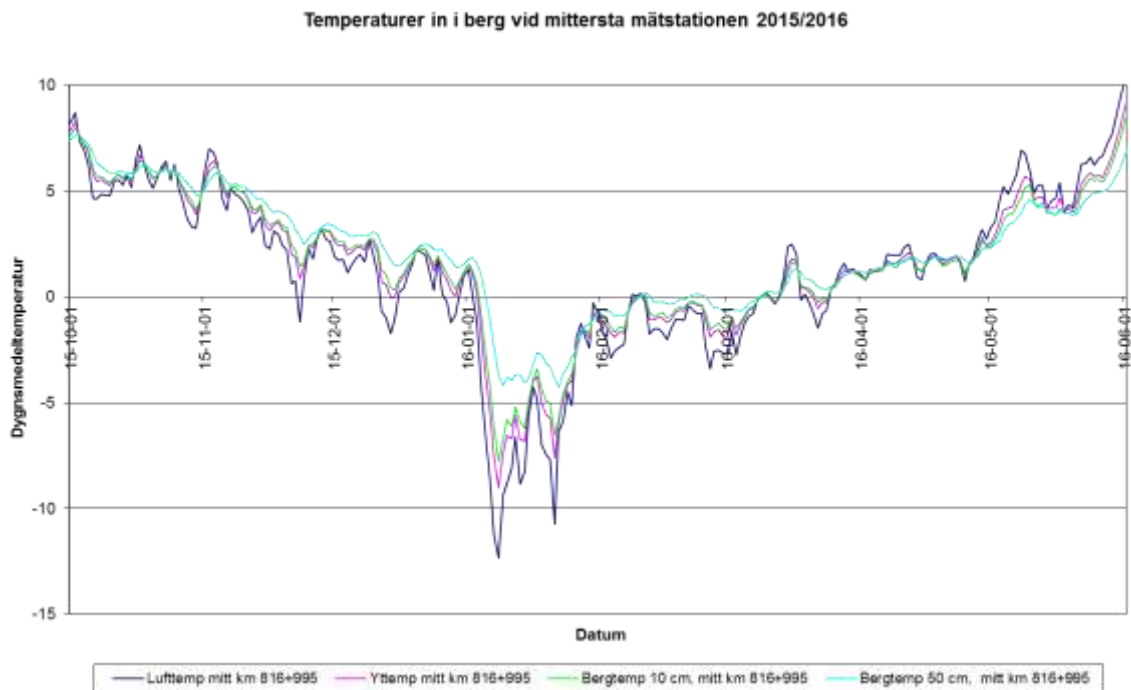


Figur 7 Luft-, yt- och bergtemperaturer vid 300 m in från södra mynningen under perioden 2015-10-01 till 2016-06-01

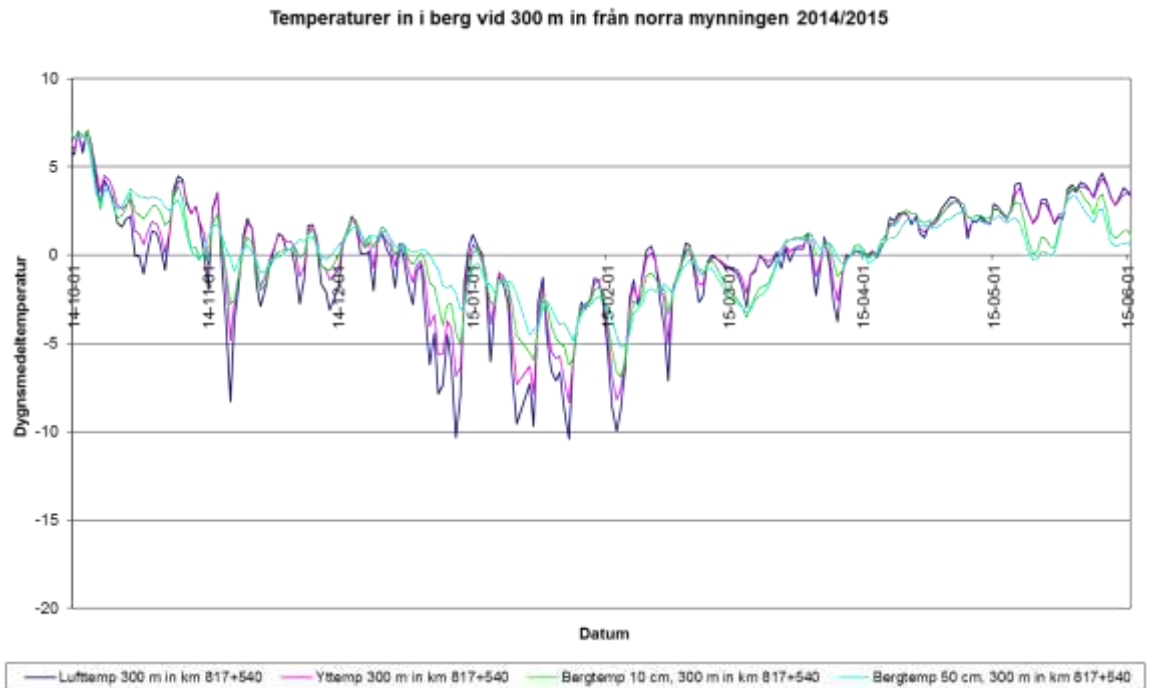
Kring tidpunkterna 2014-10-10, 2015-03-01 och 2016-04-10 visar mätvärdena för yttemperatur och bergtemperatur på 50 cm djup i Figur 6 och Figur 7 märkliga värden. Dessa temperaturer sjunker plötsligt fastän lufttemperaturen stiger. Någon förklaring till detta har inte framkommit.



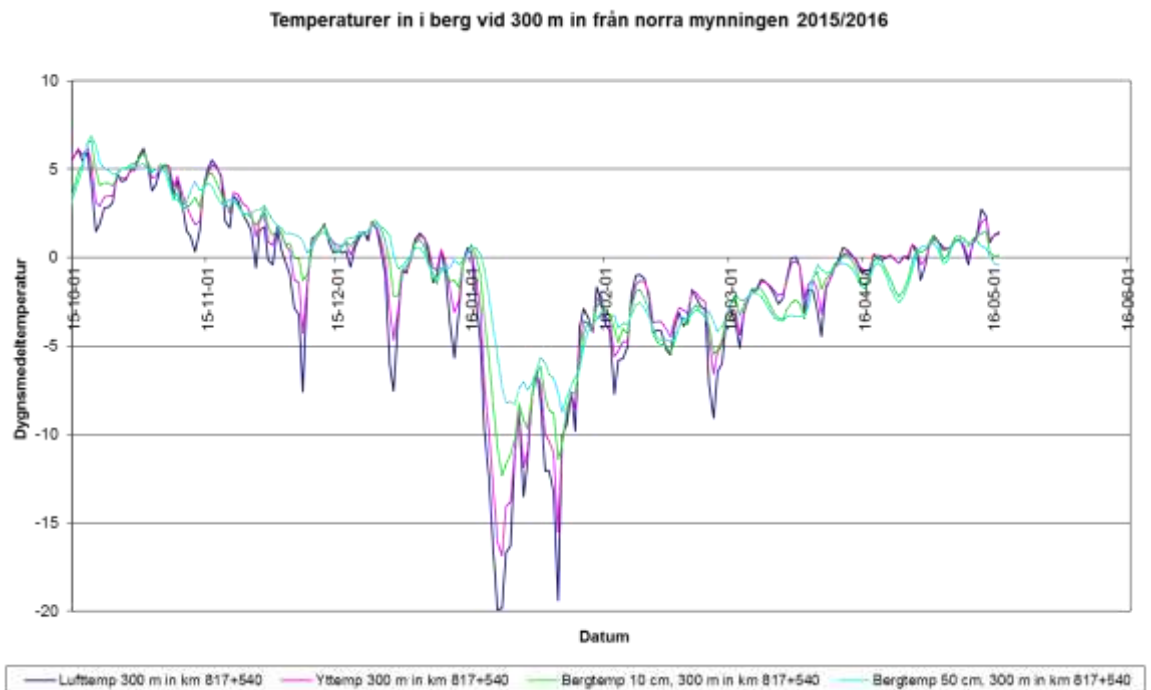
Figur 8 Luft-, yt- och bergtemperaturer vid mitten av tunneln under perioden 2014-10-01 till 2015-06-01



Figur 9 Luft-, yt- och bergtemperaturer vid mitten av tunneln under perioden 2015-10-01 till 2016-06-01



Figur 10 Luft-, yt- och bergtemperaturer vid 300 m in från norra mynningen under perioden 2014-10-01 till 2015-06-01



Figur 11 Luft-, yt- och bergtemperaturer vid 300 m in från norra mynningen under perioden 2015-10-01 till 2016-06-01

Även vid denna mätstation (Figur 10 och Figur 11) visar mätningarna ibland märkliga värden. Kring tidpunkterna 2015-05-15 och 2016-04-10 visar mätvärdena för bergtemperaturerna att temperaturer plötsligt sjunker fastän lufttemperaturen ligger stilla eller stiger. Någon förklaring till detta har inte framkommit.

4.3. Temperaturer bakom drän

I mitten av spårtunneln finns en temperaturgivare installerad bakom en frostisolerad drän. Dränen består av dubbla PE-mattor och har en total tjocklek på 140 mm. Dränen är sprutad med tre lager sprutbetong med en total tjocklek på 80 mm. I Figur 12 och Figur 13 jämförs temperaturen bakom dränen dels med lufttemperaturer utanför tunneln, dels med lufttemperaturen i mitten av spårtunneln. Mätningarna visar att den isolerade dränen klarar av att jämna ut de temperaturväxlingar som sker i tunnelluften utanför dränen. Under vinterperioden 2014/2015 var temperaturen bakom dränen aldrig lägre än ca 1,5 °C.



Figur 12 Lufttemperatur bakom en drän i mitten av spårtunneln i jämförelse med uteluftens temperatur och tunnelluftens temperatur under perioden 2014-10-01 till 2015-06-01

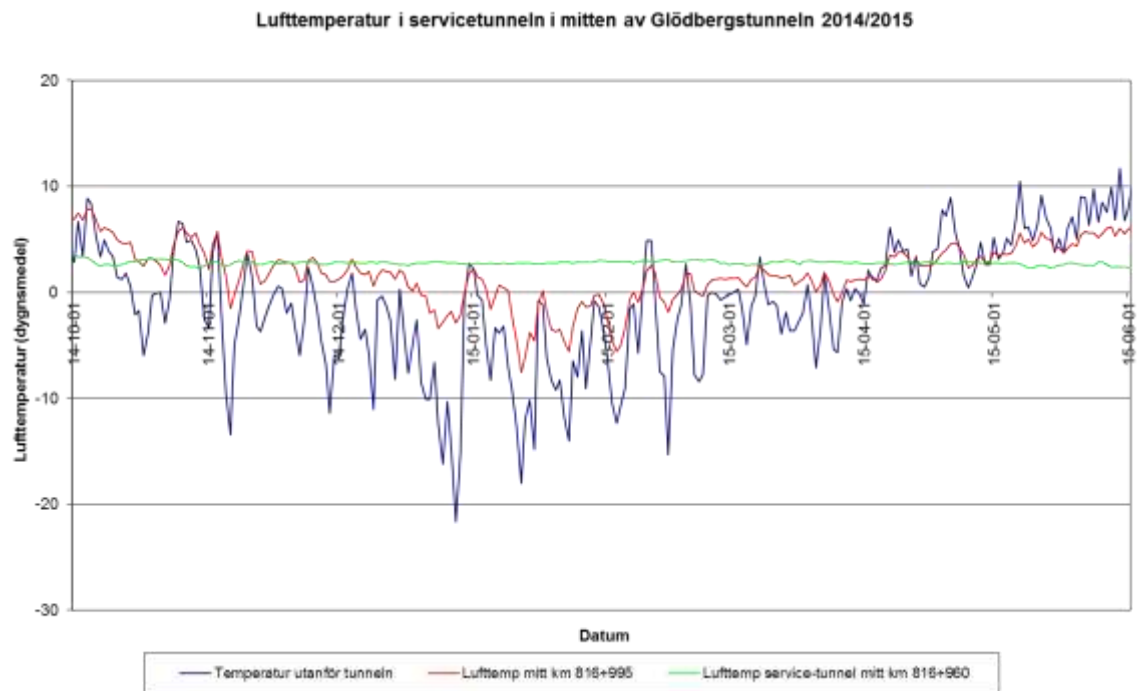
Vinterperioden 2015/2016 var kallare än 2014/2015 och temperaturen bakom dränen närmar sig 0 °C under januari, men når aldrig frysgader.



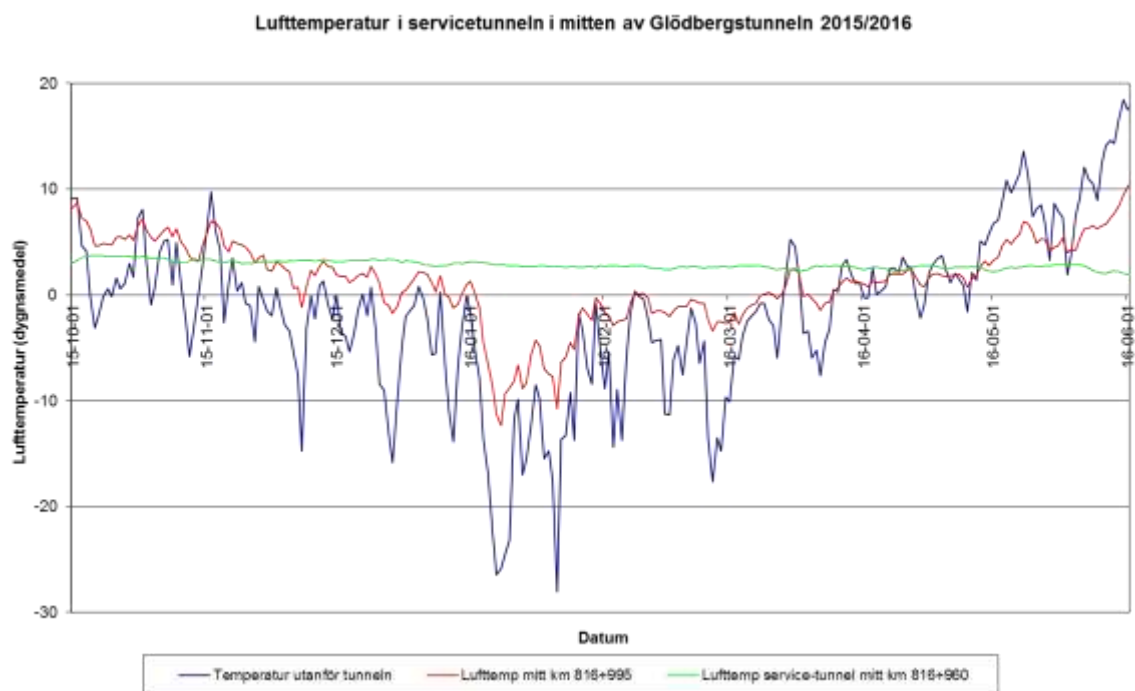
Figur 13 Lufttemperatur bakom en drän i mitten av spårtunneln i jämförelse med uteluftens temperatur och tunnelluftens temperatur under perioden 2015-10-01 till 2016-06-01

4.4. Temperaturer i servicetunneln

I mitten av spårtunneln finns en ingång till den intilliggande servicetunneln och ca 10 m in i servicetunneln finns temperaturgivare för luft- och yttemperatur installerade. Servicetunneln är stängd med portar mot både ute- och tunnelluft, vilket leder till att luften i servicetunneln inte utsätts för rörelser på samma sätt som luften i spårtunneln. Mätningarna visar att temperaturen i servicetunneln nästan inte alls varierar över året, utan ligger kring 2-3 °C oavsett temperatur utanför tunneln (Figur 14 och Figur 15).



Figur 14 Lufttemperatur i den intilliggande servicetunneln i jämförelse med uteluftens temperatur och lufttemperaturen i mitten av spårtunneln under perioden 2014-10-01 till 2015-06-01

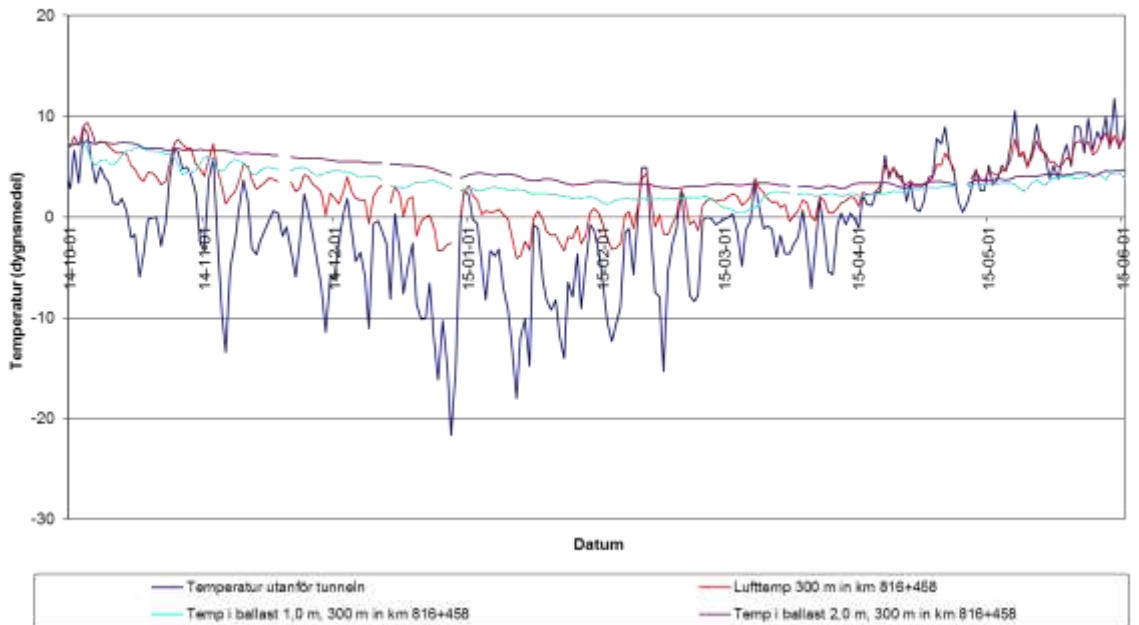


Figur 15 Lufttemperatur i den intilliggande servicetunneln i jämförelse med utluftens temperatur och lufttemperaturen i mitten av spårtunneln under perioden 2015-10-01 till 2016-06-01

4.5. Temperaturer i ballast

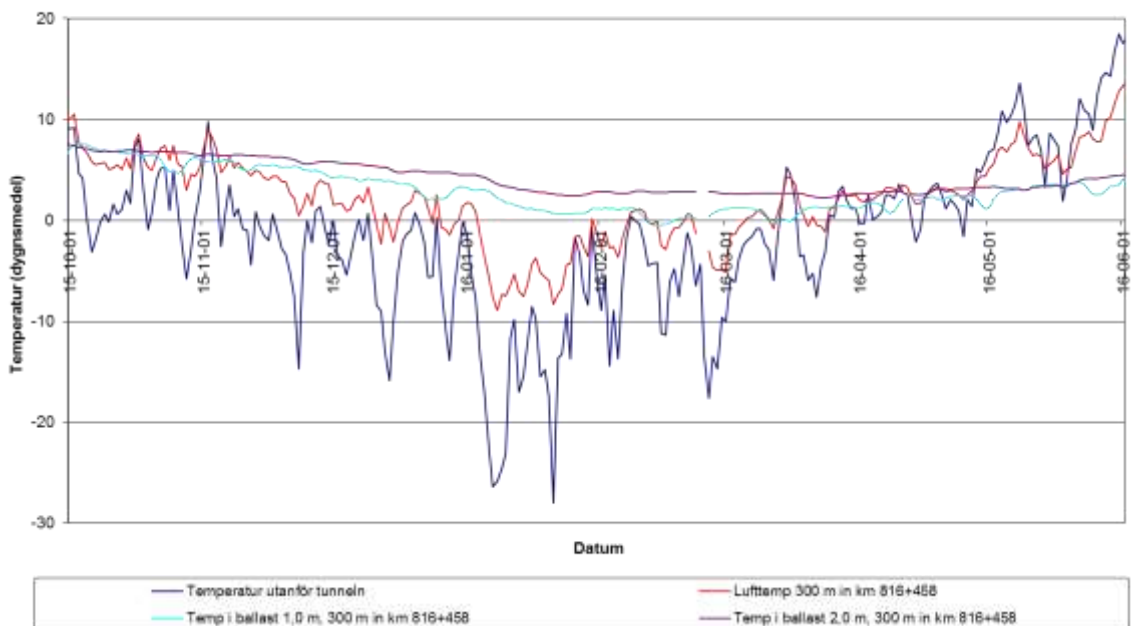
Temperaturer har mätts ned i ballasten i två sektioner i spårtunneln, dels 300 m in från den södra mynningen och dels i mitten av tunneln. I Figur 16 och Figur 17 visas hur temperaturen på 2 m djup är relativt opåverkad av utetemperaturen samt lufttemperaturen vid 300 m in från mynningen, medan temperaturen vid 1 m djup tydligare följer temperaturväxlingarna i lufttemperaturen. Temperaturen vid 1 m djup ligger under 0 °C vid ett par tillfällen under 2015/2016, medan vinterperioden 2014/2015 var mildare och temperaturen aldrig går under 0 °C vid 1 m djup. Givaren som sitter 0,5 m under ballastytan började i februari 2011 visa orimliga värden och dessa värden har tagits bort i följande diagram.

Temperatur ned i ballasten 300 m in från södra mynningen i Glödsbergstunneln 2014/2015



Figur 16 Temperatur i ballasten 300 m in från södra mynningen i jämförelse med uteluftens temperatur och lufttemperaturen vid aktuell sektion under perioden 2014-10-01 till 2015-06-01

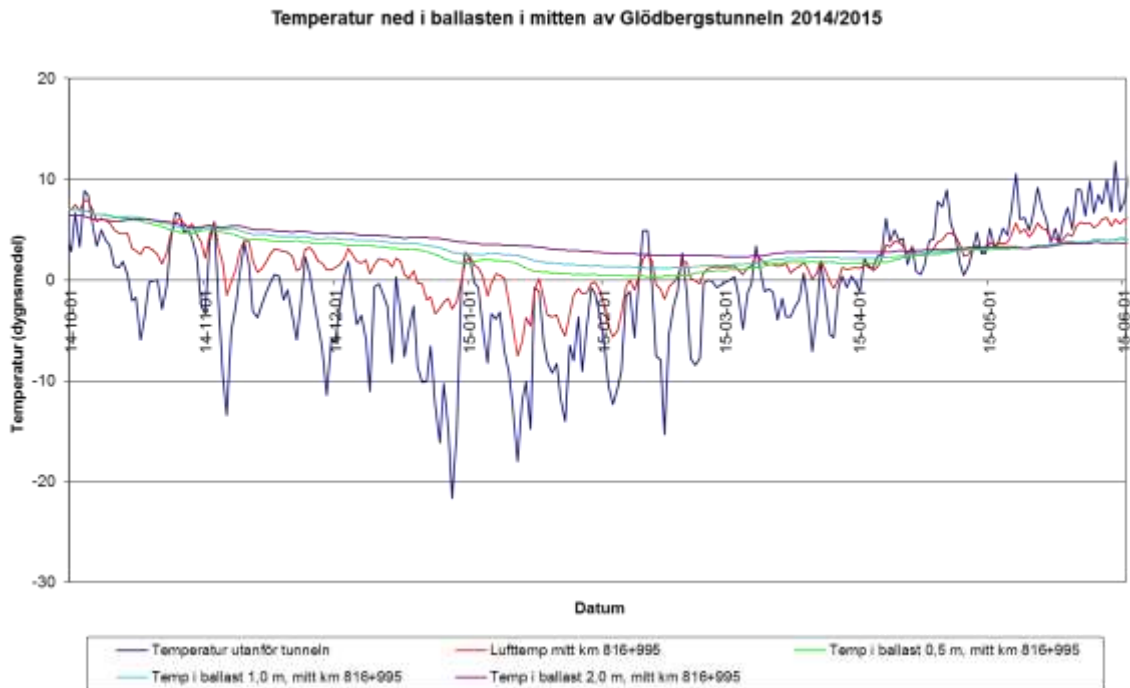
Temperatur ned i ballasten 300 m in från södra mynningen i Glödsbergstunneln 2015/2016



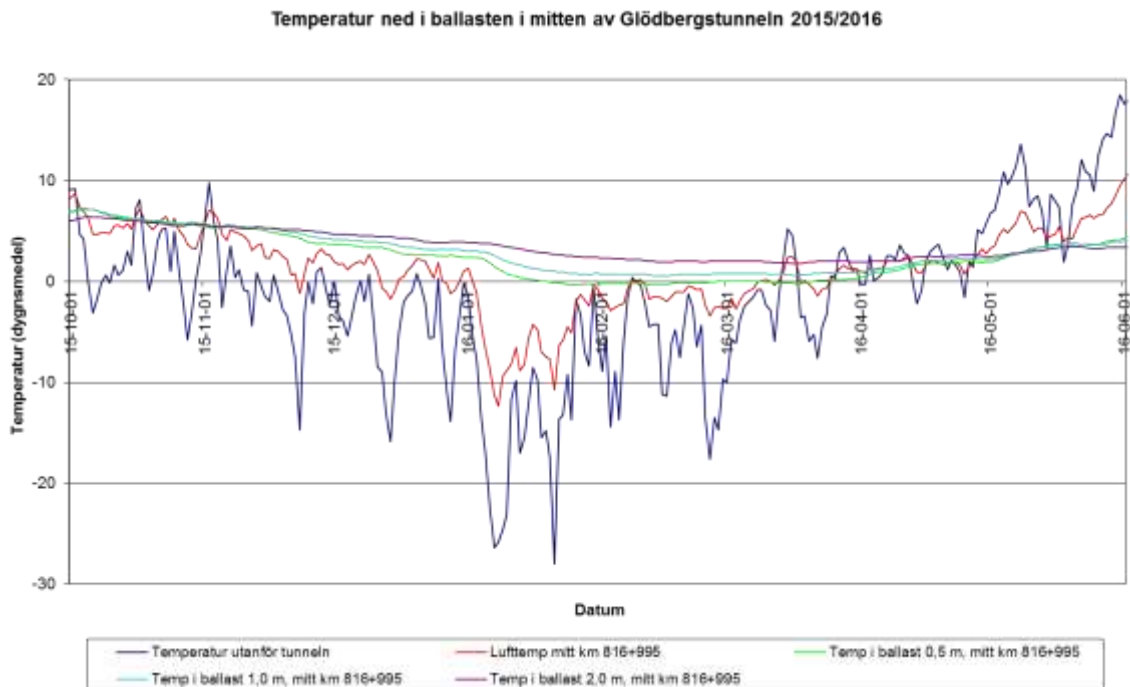
Figur 17 Temperatur i ballasten 300 m in från södra mynningen i jämförelse med uteluftens temperatur och lufttemperaturen vid aktuell sektion under perioden 2015-10-01 till 2016-06-01

I mitten av tunneln är samtliga temperaturkurvor i ballasten relativt opåverkade av växlingarna i lufttemperaturen. Under vinterperioden 2014/2015 sjunker aldrig temperaturen under 0 °C (Figur 18), medan för 2015/2016 visar givaren på 0,5 m djup att

temperaturen är under 0 °C för en längre tidsperiod, och vid 1 m djup närmar sig temperaturen 0 °C i slutet av vinterperioden (Figur 19).



Figur 18 *Temperatur i ballasten i mitten av spårtunneln i jämförelse med uteluftens temperatur och lufttemperaturen i mitten av spårtunneln under perioden 2014-10-01 till 2015-06-01*

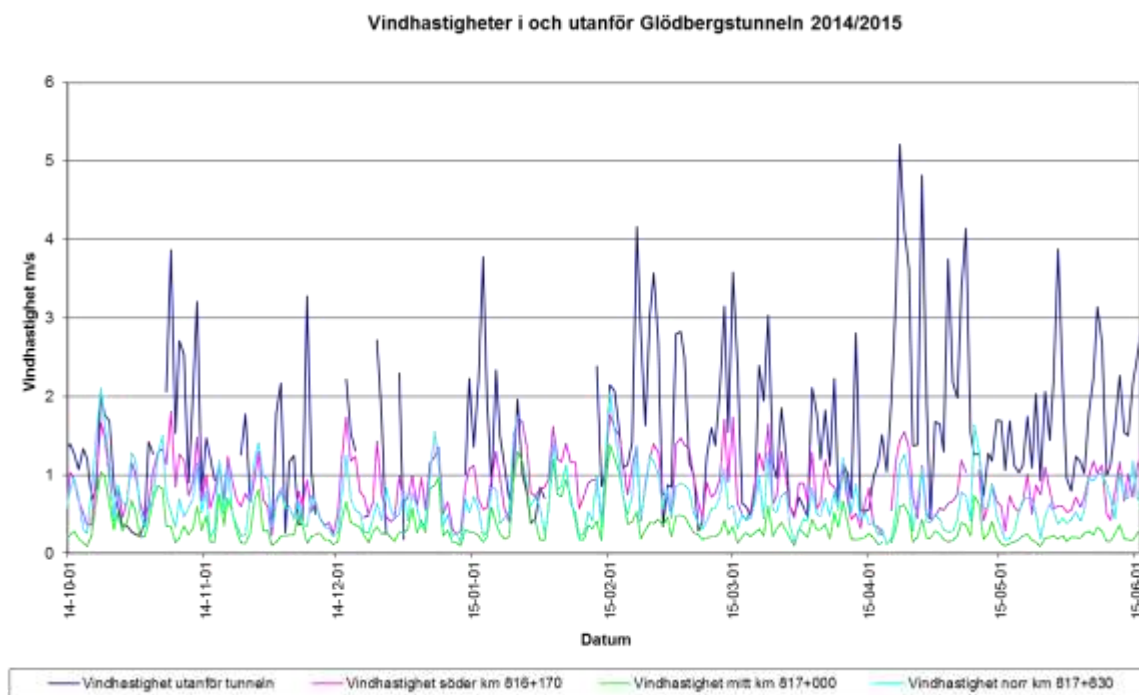


Figur 19 *Temperatur i ballasten i mitten av spårtunneln i jämförelse med uteluftens temperatur och lufttemperaturen i mitten av spårtunneln under perioden 2015-10-01 till 2016-06-01*

4.6. Vindhastighet i och utanför tunneln

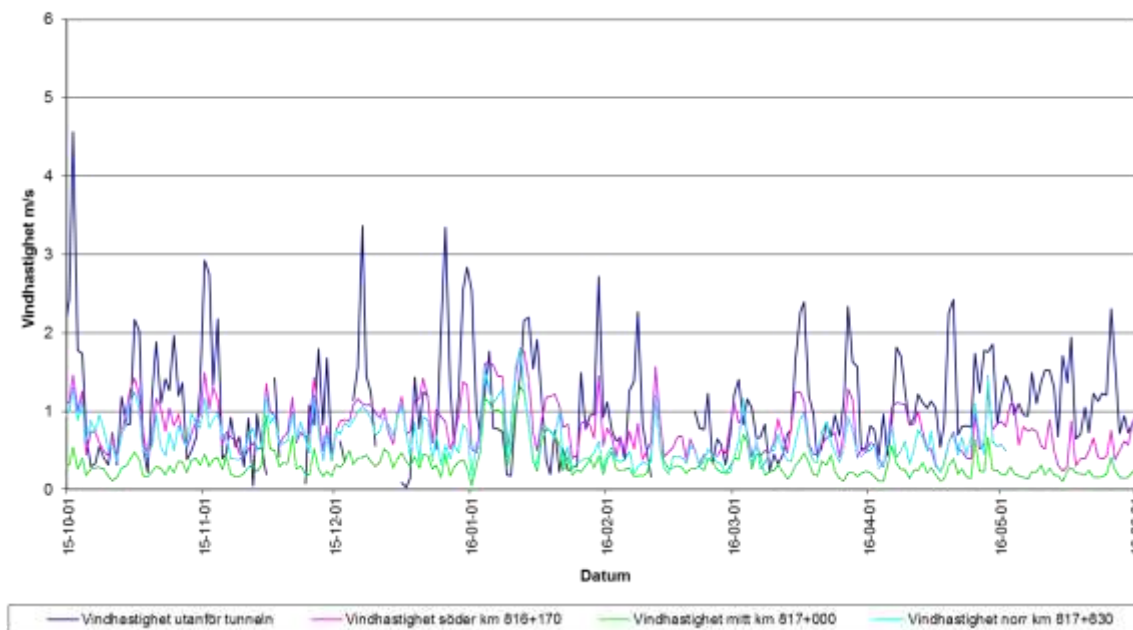
I Figur 20 och Figur 21 visas vindhastigheten i och utanför tunneln. Mätningarna visar att toppar och dalar för de olika mätserierna följer varandra till viss del, men att vindhastigheten utanför tunneln inte nämnvärt påverkar vindhastigheten i tunneln. I rapporterna Andrén, 2008a och Andrén, 2012a visas att då den dominerande vindriktningen inte ligger i tunnelns sträckning, så påverkas inte luftrörelserna i tunnelluften till någon större del av vinden. Vid de få tillfällen då vindriktningen sammanfaller med någon av tunnelmynningarnas riktning, fås en liten ökning av vindhastigheten vid mätstationen för aktuell mynning. Men det ger inte någon påverkan genom hela tunneln.

Vindhastigheten är lägre i den mittersta delen av tunneln (grön kurva), än vid mynningarna och den högsta vindhastigheten uppstår vid den södra mätstationen (rosa kurva). Att det är högst vindhastighet vid den södra mätstationen kan bero på att den ligger vid den högre belägna mynningen. Hit stiger den varma luften vilket orsakar mer luftrörelser än i den lägre belägna norra mynningen (blå kurva).



Figur 20 Vindhastighet i och utanför tunneln under perioden 2014-10-01 till 2015-06-01

Vindhastigheter i och utanför Glödsbergstunneln 2015/2016



Figur 21 Vindhastighet i och utanför tunneln under perioden 2015-10-01 till 2016-06-01

5. Analys och diskussion

5.1. Köldinträngning

De hittills utförda mätningarna visar att kylan tränger längre in i tunnlarna än tidigare antaganden. Mätningarna visar att trots att tunneln är 1680 m lång, sker köldinträngning i hela tunnelns längd även vid några få minusgrader utanför tunneln. För mer information och jämförelse med modellstudien, se redovisning i rapporterna Andréén, 2008a och Andréén, 2012a.

5.2. Köldinträngning bakom frostisolerad drän

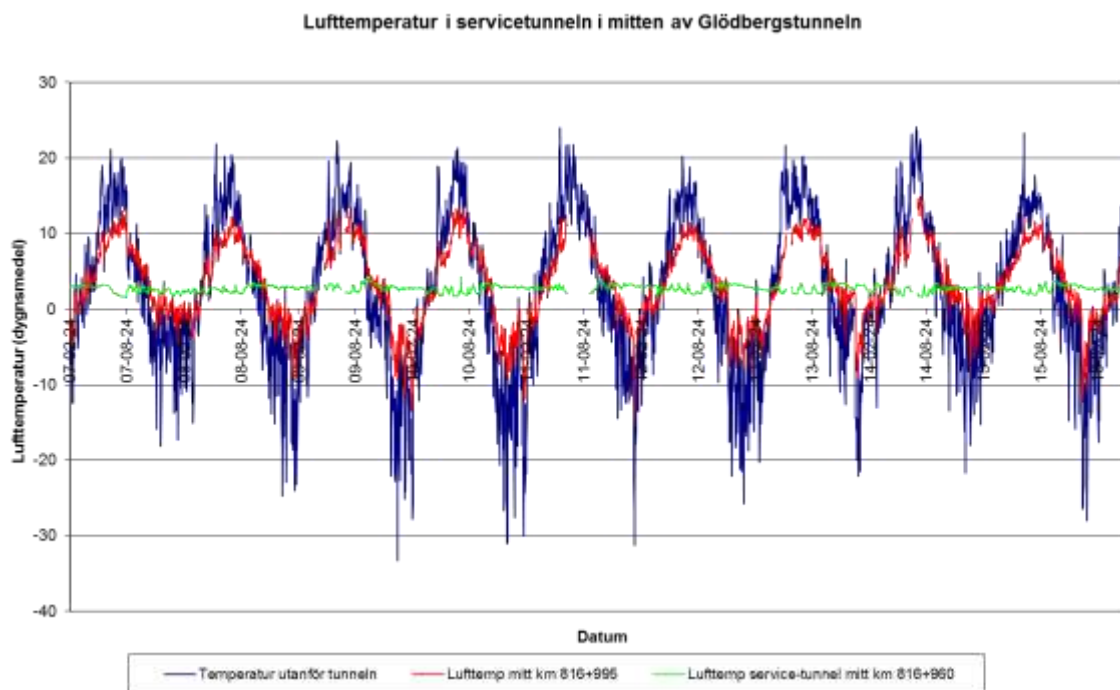
Under 2014/2015 var vintern relativt mild och det var flera perioder med varmare temperatur. Det ledde till att temperaturen bakom dränen aldrig var lägre än ca 1,5 °C (Figur 12). Den isolerade dränen klarar av att jämna ut de temperaturväxlingar som sker i tunnelluften utanför dränen.

Vinterperioden 2015/2016 var kallare än 2014/2015 och temperaturen bakom dränen närmar sig 0 °C under januari, men når aldrig frysgader (Figur 13).

5.3. Temperatur i servicetunneln

De mätningar av luft- och yttemperatur som har utförts i den intilliggande servicetunneln visar att när luften i en tunnel inte utsätts för rörelse, värms den upp av bergvärmen och antar samma temperatur som berget har. Bergtemperaturen brukar oftast sammanfalla men den årsmedeltemperatur som gäller för den plats där tunneln är belägen. SMHI har kartor

som visar årsmedeltemperaturen över Sverige. För zonen kring Glödbergstunneln är årsmedeltemperaturen mellan 2-3 °C (se Bilaga 1), vilket stämmer mycket bra överens med de utförda mätningarna i servicetunneln. Årsmätningarna av lufttemperaturen i servicetunneln, se Figur 22, visar att temperaturen konstant ligger kring 2-3 °C hela året, trots att temperaturen och varaktigheten varierar under de olika vinterperioderna.



Figur 22 Lufttemperatur i den intelligande servicetunneln i jämförelse med utelufts temperaturen och lufttemperaturen i mitten av spårstunneln under hela mätperioden 2007-02-24 till 2016-06-01

5.4. Köldnedträngning i ballast

Mätningarna i ballasten visar att temperaturen inte tränger så långt ned, som man tidigare befarat. Glödbergstunneln har en undersprängning på 2 m under RUK, med motiveringen att ledningar för exempelvis dräneringsvatten ska vara förlagda på frostfritt djup. Det frostfria djup som gäller i mark utanför tunneln, har även använts för frostfritt läge i hela tunnelns längd.

Vid 300 m in från södra tunnelmynningen visar givaren vid 1 m djup, att temperaturen aldrig går under 0 °C under vintern 2014/2015 då denna var relativt mild (Figur 16). Under 2015/2016 går temperaturen vid 1 m djup ned under 0 °C vid ett par tillfällen (Figur 17). Temperaturen på 2 m djup är relativt opåverkad av utetemperaturen samt lufttemperaturen vid 300 m in från mynningen.

I mitten av tunneln är temperaturen lägre än 0 °C under en längre tidsperiod vid 0,5 m djup, medan temperaturen vid 1 m djup ligger strax under 0 °C i slutet av vinterperioden 2015/2016 (Figur 19). Under vintern 2014/2015, som var en mildare vinter, sjunker aldrig temperaturen under 0 °C (Figur 18).

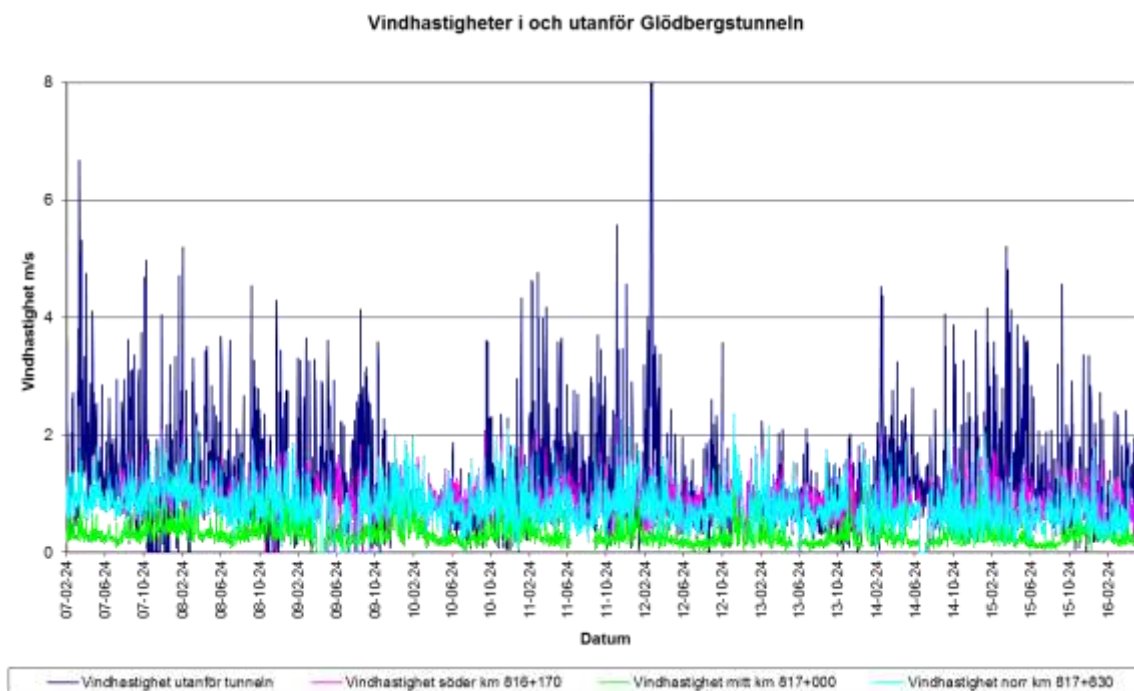
I mitten av tunneln borde bortdränering av vatten kunna ske i en frostfri miljö även med en mindre undersprängning. Men det är inte bara att minska undersprängningens djup. Tunnelns lutning har stor betydelse för dräneringen och om lutningen på tunnelns botten ändras, på grund av ändrade undersprängningsdjup, så förändras givetvis dräneringsmöjligheterna. Om detta projekts resultat finns tillgängligt vid planering av nya tunnlar, kan undersprängningsdjup och tunnelutformning optimeras för bästa möjliga lösning.

5.5. Vindhastighet i spårtunnel

Mätningarna av vindhastighet i och utanför tunneln visar att vindhastigheten utanför tunneln inte nämnvärt påverkar vindhastigheten i tunneln, som inte heller påverkas av vindriktningen utanför tunneln (se avsnitt 4.7 i Andrén, 2012a).

Mätningarna visar på en relativt jämn vindhastighet över året vid den norra (blå linje) respektive södra (rosa linje) mätstationen, medan vindhastigheten vid den mittersta mätstationen (grön linje) ökar under vinterperioderna. Det tyder på ökade luftrörelser genom hela tunnelns längd under denna period. Detta är logiskt med tanke på att temperaturskillnaderna mellan uteluft och tunnelluft är större under vinterperioden, vilket driver på ”skorstenseffekten”.

En jämförelse mellan vindrörelserna i Glödborget (lutande tunnel) och Åsatunneln (tunnel med svacka i mitten) har gjort i rapporten Andrén, 2012a.



Figur 23 Vindhastighet i och utanför Glödborgstunneln under perioden 2007-02-24 till 2016-06-01

Referenslista

Andrén, A., 2008a. Temperaturflöden i järnvägstunnlar – Glödbergstunneln. Statusrapport 2008. Borlänge: Banverket XTBG.

Andrén, A., 2008b. Temperaturflöden i järnvägstunnlar – Åsatunneln. Statusrapport 2008. Borlänge: Banverket XTBG.

Andrén, A., 2012a. Temperaturflöden i järnvägstunnlar – Glödbergstunneln. Statusrapport 2010. Borlänge: Trafikverket.

Andrén, A., 2012b. Temperaturflöden i järnvägstunnlar – Åsatunneln. Statusrapport 2010. Borlänge: Trafikverket.

Andrén, A., 2016a. Temperaturflöden i järnvägstunnlar – Glödbergstunneln. Statusrapport 2012. Borlänge: Trafikverket.

Andrén, A., 2016b. Temperaturflöden i järnvägstunnlar – Åsatunneln. Statusrapport 2012. Borlänge: Trafikverket.

Andrén, A., 2016c. Temperaturflöden i järnvägstunnlar – Glödbergstunneln. Statusrapport 2014. Borlänge: Trafikverket.

Andrén, A., 2016d. Temperaturflöden i järnvägstunnlar – Åsatunneln. Statusrapport 2014. Borlänge: Trafikverket.

Andrén, A., 2017. Temperaturflöden i järnvägstunnlar – Åsatunneln. Statusrapport 2016. Borlänge: Trafikverket.

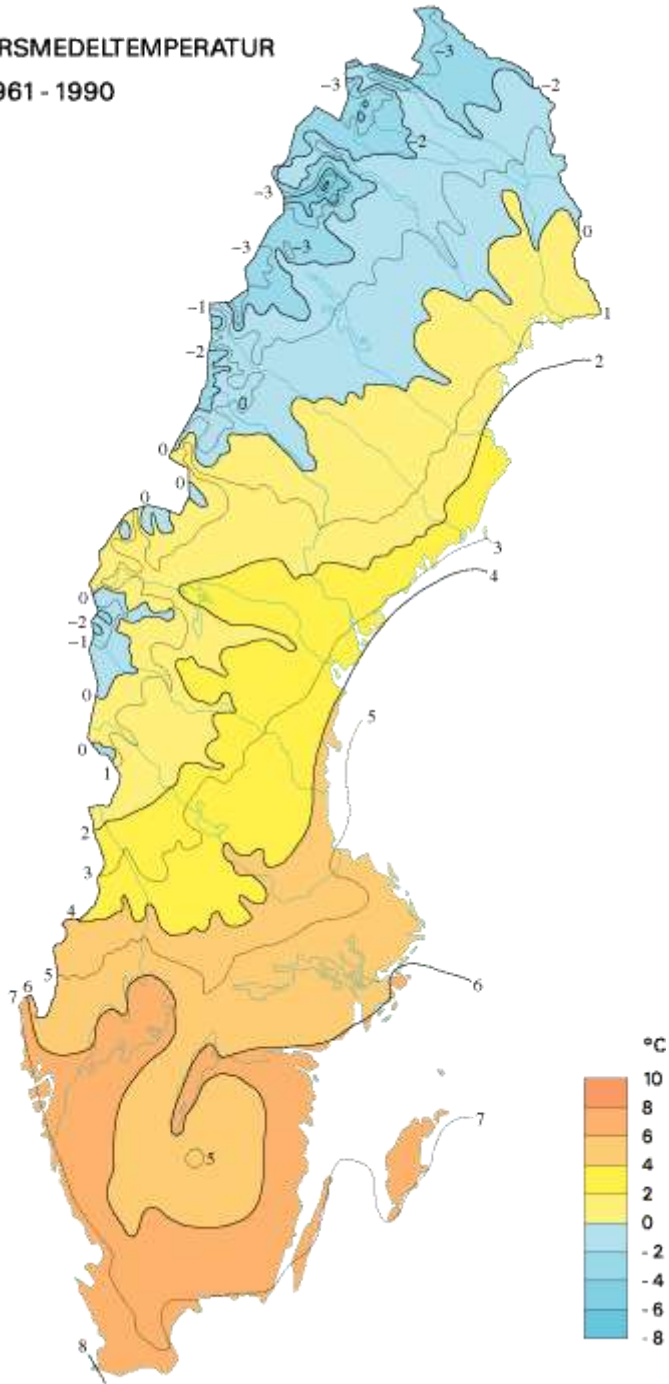
Sandberg, M., m.fl., 2002. Köldinträngning i järnvägstunnlar. Utveckling av ett projekteringsverktyg. Gävle: Högskolan Gävle, KTH, Banverket.

SMHI (www.smhi.se)

Bilaga 1 Årsmedeltemperatur



ÅRSMEDELTEMPERATUR
1961 - 1990





TRAFIKVERKET

Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 99 97

www.trafikverket.se